

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-21611

(P2003-21611A)

(43) 公開日 平成15年1月24日 (2003.1.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-リ-ト* (参考)
G 0 1 N 27/22		G 0 1 N 27/22	B 2 G 0 6 0
F 2 5 B 1/00	3 8 7	F 2 5 B 1/00	3 8 7 Z

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-206891(P2001-206891)

(22) 出願日 平成13年7月6日 (2001.7.6)

(71) 出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 堀田 忠資

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(74) 代理人 100096998

弁理士 碓氷 裕彦 (外2名)

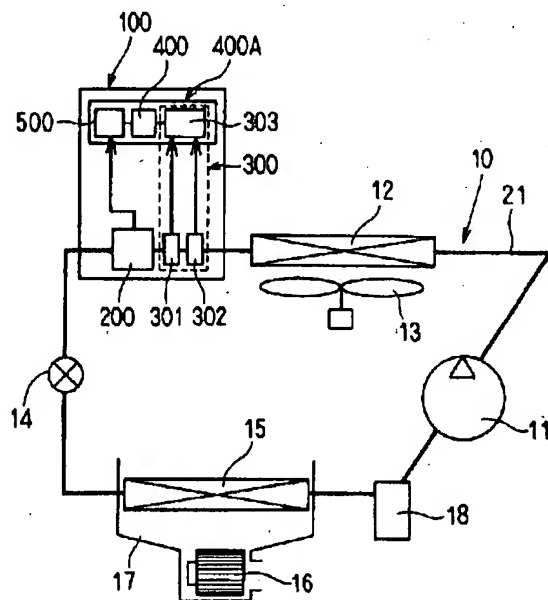
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 油分率測定装置およびこれを用いた冷凍装置

(57) 【要約】

【課題】 冷媒が超臨界状態や気相状態でも油分率が容易に測定できる油分率測定装置およびこれを用いた冷凍装置を提供する。

【解決手段】 油分率測定装置100において、冷凍機油を含む冷媒の静電容量Cを測定する静電容量測定手段200と、冷媒および冷凍機油の少なくとも一方の密度 ρ を測定する密度測定手段300と、密度測定手段300によって測定された密度 ρ を用いて、静電容量Cと冷凍機油を含む冷媒量に対する冷凍機油量の割合を示す油分率 χ との相関特性を演算する演算手段400と、演算手段400によって得られた相関特性を用いて、静電容量測定手段200によって測定された静電容量Csから、その時の油分率 χ_s を決定する油分率決定手段500とを設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 冷凍機油を含む冷媒の静電容量(C)を測定する静電容量測定手段(200)と、前記冷媒および前記冷凍機油の少なくとも一方の密度(ρ)を測定する密度測定手段(300)と、前記密度測定手段(300)によって測定された前記密度(ρ)を用いて、前記静電容量(C)と前記冷凍機油を含む冷媒量に対する前記冷凍機油量の割合を示す油分率(χ)との相関特性を演算する演算手段(400)と、

前記演算手段(400)によって得られた前記相関特性を用いて、前記静電容量測定手段(200)によって測定された静電容量(Cs)から、その時の油分率(χ_s)を決定する油分率決定手段(500)とを有することを特徴とする油分率測定装置。

【請求項2】 前記演算手段(400)は、複数の温度、圧力条件において予め準備された前記静電容量(C)と前記油分率(χ)との複数の相関特性を基に、前記冷媒の密度(ρ_r)を用いて線形補間することにより測定時の温度、圧力条件における前記静電容量(C)と前記油分率(χ)との相関特性を演算するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の油分率測定装置。

【請求項3】 前記演算手段(400)は、前記静電容量(C)が前記油分率(χ)、前記冷媒の密度(ρ_r)、前記冷凍機油の密度(ρ_{oil})によって決定されるように予め定めた演算式によって、前記静電容量(C)と前記油分率(χ)との相関特性を演算するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の油分率測定装置。

【請求項4】 前記密度測定手段(300)は、前記冷媒の温度を検出する温度検出手段(301)および圧力を検出する圧力検出手段(302)を有し、前記密度(ρ)は、前記温度検出手段(301)および前記圧力検出手段(302)によって検出された検出値によって算出されるようにしたことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の油分率測定装置。

【請求項5】 前記静電容量(C)は、真空中の静電容量(Co)で除した比誘電率(ϵ)に置換えられて前記油分率(χ)が決定されるようにしたことを特徴とする請求項1～請求項4のいずれかに記載の油分率測定装置。

【請求項6】 前記静電容量(C)および前記密度(ρ)は、前記冷媒を圧縮する圧縮機(11)の吸入側あるいは吐出側の近傍で測定されるようにしたことを特徴とする請求項1～請求項5のいずれかに記載の油分率測定装置。

【請求項7】 前記圧縮機(11)の吸入側の近傍で前記静電容量(C)および前記密度(ρ)が測定される場合に、前記静電容量測定手段(200)の電極(207、20

8)表面には、撥水処理が施されたことを特徴とする請求項6に記載の油分率測定装置。

【請求項8】 冷媒を気液分離するアキュムレータ(18)を有し、分離された液相冷媒中の冷凍機油が前記冷媒を圧縮する圧縮機(11)に供給されるための油戻し流路(19)が設けられた冷凍装置において、前記請求項1～請求項7のいずれかに記載の油分率測定装置(100)が、前記冷媒が流通する配管(21)中に設けられ、

10 前記油分率測定装置(100)によって決定された油分率(χ_s)に応じて、前記油戻し流路(19)を流通する前記冷凍機油の量が可変されるようにしたことを特徴とする冷凍装置。

【請求項9】 前記静電容量測定手段(200)の電極(207、208)は、針状のものとし、前記電極(207、208)は、前記冷媒が流通する前記配管(21)内に配設されるようにしたことを特徴とする請求項8に記載の冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

20 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、空調装置等の冷凍機における冷媒中の冷凍機油量を測定する油分率測定装置およびこれを用いた冷凍装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】冷凍機内の冷媒圧縮機を潤滑させる冷凍機油(潤滑油)は、圧縮機の耐久寿命を確保するために重要なものであり、冷媒中の冷凍機油(更に実質的には、冷媒圧縮機自身にどれだけの冷凍機油が循環しているか)を把握することは冷凍機の確実な運転を行なう上で極めて重要な事柄となっている。

【0003】従来の冷凍機油量を測定する技術として、日本冷凍空調学会論文集、Trans. Of the JSRAE vol. 16, No. 3(1999)における「静電容量センサによる冷凍機油中の冷媒溶解度の測定」が、周知のものとして掲げられる。

【0004】この測定方法においては、冷凍機油と冷媒の静電容量の差を利用して、両者の溶解状態における静電容量は、冷媒溶解度(逆に言えば油分率と定義でき、以下油分率と呼ぶことにする。)と相関関係を有することから静電容量を測定して油分率を求めるものとしている。

【0005】更に具体的には、予め油分率に対する静電容量の関係を温度をパラメータとして求めて、既知データとして準備しておき、静電容量センサを用いて静電容量を測定することによって、油分率を求めるようにしており、安価で比較的容易な測定方法としている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記技術においては液相状態における冷媒を測定対象としており、温度をパラメータとした静電容量の変化のみを考慮

して、油分率を求めているため、例えば、冷凍機中の冷媒が超臨界状態、気相状態、あるいは気液二相状態ではほとんどが占められる超臨界冷凍サイクルに適用しようとした場合には、単純にこの技術を用いて油分率を求めることができない。

【0007】即ち、液相状態に対して上記の超臨界状態や気相状態においては、冷媒の静電容量は温度条件に加えて圧力条件によっても大きく変化するために、予め準備すべき静電容量と油分率の関係を示す既知データが膨大な量となり、事実上の対応が困難となる。

【0008】本発明の目的は、上記問題に鑑み、冷媒が超臨界状態や気相状態でも油分率が容易に測定できる油分率測定装置およびこれを用いた冷凍装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、以下の技術的手段を採用する。

【0010】請求項1に記載の発明では、油分率測定装置において、冷凍機油を含む冷媒の静電容量(C)を測定する静電容量測定手段(200)と、冷媒および冷凍機油の少なくとも一方の密度(ρ)を測定する密度測定手段(300)と、密度測定手段(300)によって測定された密度(ρ)を用いて、静電容量(C)と冷凍機油を含む冷媒量に対する冷凍機油量の割合を示す油分率(x)との相関特性を演算する演算手段(400)と、演算手段(400)によって得られた相関特性を用いて、静電容量測定手段(200)によって測定された静電容量(C_s)から、その時の油分率(x_s)を決定する油分率決定手段(500)とを有することを特徴としている。

【0011】これにより、例えば、超臨界冷凍サイクルのように冷凍機内の冷媒が、温度、圧力に応じてその静電容量が大きく変化する超臨界状態や気相状態においても、冷媒や冷凍機油の密度(ρ)を用いることで測定時の温度、圧力における静電容量(C)を算出でき、油分率(x)との相関特性を決定できるので、予め膨大な既知データを準備しなくとも油分率(x)を容易に求めることができる。

【0012】そして、この油分率測定装置を用いて例えばサービス店等で定期的に油分率(x)をチェックすることにより、冷凍装置(10)内の圧縮機(11)の早期破損の未然防止が可能となる。

【0013】また、通常の気相状態および液相状態を有する蒸気圧縮式冷凍サイクルにおいては、安定した液相状態の冷媒は過冷却機能を有する放熱器(12)の流出側のみに限定され、この部位で従来技術での油分率(x)の測定が可能では有るが、気相状態となる圧縮機(11)の吐出側、吸入側では測定不能であったため、圧縮機(11)に対する正確な油分率(x)の測定ができなかったものに対して、本発明ではこれを可能とする

ことができる。

【0014】請求項2に記載の発明では、演算手段(400)は、複数の温度、圧力条件において予め準備された静電容量(C)と油分率(x)との複数の相関特性を基に、冷媒密度(ρ_r)を用いて線形補間することにより測定時の温度、圧力条件における静電容量(C)と油分率(x)との相関特性を演算するようにしたことを特徴としている。

【0015】本発明においては、静電容量(C)は冷媒密度(ρ_r)によって直線近似で見出しており、これにより、冷媒密度(ρ_r)を用いて既知の相関特性から測定時に必要とされる相関特性を精度よく決定できるようになり、膨大な既知データを必要とせずに容易に油分率(x)を求めることができる。

【0016】請求項3に記載の発明では、演算手段(400)は、静電容量(C)が油分率(x)、冷媒の密度(ρ_r)、冷凍機油の密度(ρ_{oil})によって決定されるように予め定めた演算式によって、静電容量(C)と油分率(x)との相関特性を演算するようにしたことを特徴としている。

【0017】本発明においては、静電容量測定手段(200)のコンデンサ部(209)内の冷媒と冷凍機油が直列状態にあると仮定して、静電容量(C)と油分率(x)との相関特性において、冷媒の密度(ρ_r)、冷凍機油の密度(ρ_{oil})を含む演算式として導出しており、これにより、相関特性の既知データを持たなくとも、容易に検出される密度(ρ_r 、 ρ_{oil})を用いて相関特性の演算ができ、油分率(x)を求めることができる。

【0018】請求項4に記載の発明では、密度測定手段(300)は、冷媒の温度を検出する温度検出手段(301)および圧力を検出する圧力検出手段(302)を有し、密度(ρ)は、温度検出手段(301)および圧力検出手段(302)によって検出された検出値によって算出されるようにしたことを特徴としている。

【0019】これにより、複雑な装置を必要とせずに密度(ρ)の検出ができ、油分率(x)を求めることができる。

【0020】請求項5に記載の発明では、静電容量(C)は、真空中の静電容量(C_0)で除した比誘電率(ϵ)に置換えられて油分率(x)が決定されるようにしたことを特徴としている。

【0021】これにより、静電容量(C)を無次元化した物理量(ϵ)として扱えるようになり、静電容量測定手段(200)の仕様が変更された場合でも、相関特性にかかわる既知データを無駄にすること無く、常に活用できるようになる。

【0022】請求項6に記載の発明では、静電容量(C)および密度(ρ)は、冷媒を圧縮する圧縮機(11)の吸入側あるいは吐出側の近傍で測定されるように

したことを特徴としている。

【0023】これにより、圧縮機(11)自身の近傍での油分率(α)を把握できることになるので、圧縮機(11)の耐久寿命に対する良否の判断が正確に且つ早期にできる。

【0024】請求項7に記載の発明では、圧縮機(11)の吸入側の近傍で静電容量(C)および密度(ρ)が測定される場合に、静電容量測定手段(200)の電極(207、208)表面には、撈水処理が施されたことを特徴としている。

【0025】これにより、冷媒が低温、低圧となる圧縮機(11)の吸入側においては、冷凍機油の粘度が高くなることによって静電容量測定手段(200)の内部に付着しやすくなるのを防止できるので、油分率(α)を正確に求めることができ、且つ、冷凍機油を圧縮機(11)に確実に循環させることができる。

【0026】請求項8に記載の発明では、冷媒を気液分離するアキュムレータ(18)を有し、分離された液相冷媒中の冷凍機油が冷媒を圧縮する圧縮機(11)に供給されるための油戻し流路(19)が設けられた冷凍装置において、上記請求項1～請求項7のいずれかに記載の発明の油分率測定装置(100)を、冷媒が流通する配管(21)中に設け、この油分率測定装置(100)によって決定された油分率(α_s)に応じて、油戻し流路(19)を流通する冷凍機油の量が可変されるようにしたことを特徴としている。

【0027】これにより、必要とされる冷凍機油を確実に圧縮機(11)に供給させることができ、圧縮機(11)の耐久性を向上させることができる。

【0028】請求項9に記載の発明では、静電容量測定手段(200)の電極(207、208)を針状のものとし、冷媒が流通する配管(21)内に配設されるようにしたことを特徴としている。

【0029】これにより、静電容量測定手段(200)自身の容器を廃止でき、省スペース化ができ、また安価にできる。そして、電極(207、208)を針状としているので形状の融通性が高く、配管(21)が例えば曲がっているような部位においても設置が可能となり、搭載性に優れたものとすることができる。

【0030】尚、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0031】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)本発明の第1実施形態を図1～図10に示す。第1実施形態は、冷凍装置10の冷媒中の油分率 α を測定するようにしたものであり、その全体構成を図1に示している。

【0032】冷凍装置10は、周知の冷凍サイクルを構成するものであり、冷媒を高温、高圧に圧縮する圧縮機11、圧縮された冷媒を冷却する放熱器12、冷却され

た冷媒を断熱膨張させる膨張弁14、膨張された冷媒を蒸発気化させる蒸発器15、冷媒を気液分離させるアキュムレータ18が、配管21によって順次接続されたものである。放熱器12には、冷媒冷却時の熱交換を促進させるための送風ファン13が設けられ、また、蒸発器15は空調ケース17内に収容され、送風ファン16によって送風される空気を冷媒蒸発時の蒸発潜熱により冷却するようにしている。

【0033】この冷凍装置10の冷媒としては、CO₂が用いられるようにしており、圧縮機11による高圧側の圧力は臨界圧力を越える、所謂超臨界冷凍サイクルとして作動するようにしたものとしている。また、圧縮機11内には自身の作動を円滑にするための冷凍機油(以下、潤滑油と呼ぶ)が入れられており、この潤滑油は、圧縮機11の作動により冷媒と共に配管21内を流通する。

【0034】本発明にかかわる油分率測定装置100は、上記冷凍装置10の放熱器12と膨張弁14の間に配設されて油分率 α を測定可能とするものとしており、静電容量測定装置200、密度測定装置300、演算装置400、油分率決定装置500とから成る。

【0035】静電容量測定装置200は、静電容量測定手段を成すものであり、図2に示すように、ボディ201、202内にコンデンサ部209が設けられたものである。耐圧容器を成すボディ201、202によって形成される内部空間に端子棒205、206が設けられ、この端子棒205、206にはそれぞれ複数の電極207、208がろう付けされ、交互に非接触状態となるように配列され、コンデンサ部209を形成している。そして、このコンデンサ部209は、絶縁体210、211、212によって外側のボディ201、202と絶縁されるようにしている。また、ボディ201には入口部203および出口部204が設けられ、冷凍装置10内の冷媒がコンデンサ部209の電極207、208間を流通するようにしている。

【0036】そして、両端子棒205、206にそれぞれ正負の異なる電荷が与えられ、コンデンサ部209を流通する冷媒(潤滑油を含む冷媒)の静電容量Cが測定されるようにしている。尚、ここでは静電容量Cの測定精度を向上させるために4端子法を用いている。

【0037】密度測定装置300は、密度測定手段を成すものであり、温度検出手段としての温度センサ301、圧力検出手段としての圧力センサ302および密度演算部303とから成る。温度センサ301、圧力センサ302はそれぞれ上記静電容量測定装置200の近傍となる位置で配管21に設けられるようにしている。そして、密度演算部303には、両センサ301、302からの潤滑油を含む冷媒の温度、圧力検出信号が入力され、予め記憶された密度特性線図(温度、圧力に対する密度値)から測定時の冷媒密度 ρ_r が決定されるように

している。

【0038】演算装置400は、演算手段を成すものであり、潤滑油を含む冷媒の静電容量Cと冷媒中の潤滑油の割合を示す油分率 α との相関特性を演算する演算機能を備えたものである。ここでは、予め準備可能な複数の温度および圧力をパラメータとした静電容量Cと油分率 α との相関特性が既知データとして複数記憶されている。そして、上記密度測定装置300で測定された冷媒密度 ρ_r を用いて、既知データから測定時における相関特性を線形補間により演算するようにしているが、その詳細については後述する。

【0039】尚、上記油分率 α の定義は、ここでは数式1に示すものとしている。

【0040】(数1)

油分率 α = 潤滑油の質量 / (冷媒の質量 + 潤滑油の質量)

尚、潤滑油、冷媒の質量は共に単位体積当りの値である。

【0041】油分率決定装置500は、油分率決定手段を成すものであり、上記演算装置400で線形補間により演算された測定時の静電容量Cと油分率 α との相関特性から、上記静電容量測定装置200で測定された静電容量Csに基づいてその時の油分率 α_s を求める演算機能を持たせたものである。

【0042】上記密度演算部303、演算装置400、油分率決定装置500は、演算部400Aとして一体で形成するようにしている。

【0043】次に上記構成に基づく作動について、演算装置400での静電容量Cと油分率 α との相関特性の演算方法を重点にして以下説明する。

【0044】冷凍装置10の作動に伴ない、配管21内を冷媒および潤滑油が流通する。まず、静電容量測定装置200によって、冷凍装置10の作動時における潤滑油を含む冷媒の静電容量Csが測定される。また、密度測定装置300の両センサ301、302によってこの作動時の温度Tsおよび圧力Psが測定される。そして、測定された温度Ts、圧力Psに基づいて密度演算部303で冷媒密度 ρ_{rs} が算出される。

【0045】そして、演算部400において、予め準備された複数の既知データ、即ち、温度および圧力をパラメータとした静電容量Cと油分率 α との相関特性から上記測定された温度Ts、圧力Psにおける相関特性を推定するために冷媒密度 ρ_r (測定時の ρ_{rs} および任意の $\rho_{r1} \sim \rho_{r6}$)を用いて線形補間を行なう。

【0046】ここで、理解を深めるために静電容量Cと油分率 α との相関特性および既知データについて補足説明を加えた後に、線形補間について説明していく。

【0047】静電容量Cと油分率 α との相関特性とは、図3に示すように両者を関係付けたものである。冷媒 (ここではCO₂) と潤滑油 (ここではPAG) とでは

それぞれの比誘電率に差があり、具体的には、冷媒よりも潤滑油の方が比誘電率が大きいので、両者の混合比率、即ち、油分率 α が大きくなる程、潤滑油を含む冷媒の比誘電率が大きくなる。一般に、静電容量Cを測定するコンデンサ部209の電極部の面積をS、電極間の距離をd_o、真空中の誘電率を ϵ_o とし、比誘電率を ϵ とすれば、 $C = \epsilon \cdot \epsilon_o \cdot S / d_o$ であり、静電容量Cは比誘電率 ϵ に比例するので、静電容量Cは上記より油分率 α に対して大きくなるような相関を有するものとなる。この相関特性を用いて、測定された静電容量Csから油分率 α_s を求めるようにしたものが、本発明における基本の考え方になっている。

【0048】冷媒が液相状態においては、温度が定まれば圧力も一義的に定まり、例えば温度をパラメータとして測定時の温度条件を含む相関特性を予め準備しておけば、従来技術の項で説明したように油分率 α が測定できることになる。

【0049】しかしながら、冷媒が超臨界状態や気相状態においては、図4に示すように、同一圧力の場合でも、温度が変われば冷媒の比誘電率 ϵ_r は大きく変化するため、正確な油分率 α を得るためには、温度および圧力をパラメータとした膨大な量の相関特性を予め準備する必要が生ずることになるが、本実施形態では後述する冷媒密度 ρ_r を用いて、図5に示すように、測定時に取りうる圧力および温度範囲内で準備可能なパラメータの水準数とした相関特性 (ここでは最小限の条件として圧力2水準、温度4水準としている。) を基にして線形補間することで油分率 α の算出を可能としており、この図5に示すような相関特性を本実施形態における既知データとして演算装置400に予め記憶させるようにしている。

【0050】上記内容を踏まえた上で、次に測定時における静電容量Cと油分率 α との相関特性を決定する線形補間について説明する。

【0051】ここでの線形補間は、2つの既知の相関特性の間に存在すると思われる測定時の相関特性を、それぞれの相関特性の温度、圧力条件における冷媒密度 ρ_r の比を持って求めるようにしたものである。これは、冷媒の比誘電率 ϵ_r がその密度 ρ_r によって線形近似できることに着目したものである。

【0052】具体的には、数式2、数式3に示すクラジウス-モソッティの式より冷媒の比誘電率 ϵ_r が冷媒密度 ρ_r によって線形近似できることを見出している。

【0053】(数2)

$$\epsilon_r = (D + 2\rho_r) / (D - \rho_r)$$

(数3)

$$D = 3 \cdot \epsilon_o \cdot M / a \cdot N$$

ここで、 ϵ_r : 冷媒の比誘電率

ρ_r : 冷媒の密度 [kg/m³]

ϵ_o : 真空中の誘電率 [F/m]

M: 分子量 [kg/mol]

α : 分極率 [Fm²]

N: アボガドロ数 [1/mol] である。

【0054】上記数式2、数式3より、冷媒の比誘電率 ϵ_r を冷媒の密度 ρ_r で微分してやると、数式4に示すように、ほぼ一定値となることから、冷媒の比誘電率 ϵ_r は冷媒の密度 ρ_r によって線形近似できると考えられ、即ち、これは図6に示すように、冷媒の比誘電率 ϵ_r に比例する静電容量Cは、冷媒密度 ρ_r によって線形近似できると考えられる訳である。

【0055】(数4)

$$\begin{aligned} \partial \epsilon_r / \partial \rho_r &= 3D / (D - \rho_r)^2 \\ &= 3 \times 6580 / (6580 - \rho_r)^2 \\ &\approx \text{const} \quad (\rho_r \ll 6580) \end{aligned}$$

この考え方を基に以下具体的な線形補間の要領について説明する。上記のように各測定装置200、300によって静電容量Cs、温度Ts、圧力Ps、冷媒密度 ρ_r が測定された後、既知データより温度Ts、圧力Psに近い条件の相関特性を4つ選択する。即ち、図7に示すように、圧力については、 $P_2 \leq P_s < P_1$ となる P_1 、 P_2 を選択し、圧力 P_1 において $T_2 \leq T_s < T_1$ となる T_1 、 T_2 を有する相関特性を選択する。また、圧力 P_2 において $T_4 \leq T_s < T_3$ となる T_3 、 T_4 を有する相関特性を選択する。

【0056】次に選択した4つの相関特性の各温度、圧力条件から冷媒密度 $\rho_{r1} \sim \rho_{r4}$ を密度測定装置300によって算出する。更に、高圧側の圧力 P_1 、測定温度Tsにおける冷媒密度 ρ_{r5} と低圧側の圧力 P_2 、測定温度Tsにおける冷媒密度 ρ_{r6} も合せて算出する。

【0057】そして、図8に示すように、冷媒密度 ρ_{r1} 、 ρ_{r2} 、 ρ_{r5} を用いて内挿し、線形補間により圧力 P_1 、測定温度Tsにおける相関特性を推定する。これは、上記で説明したように静電容量Cは冷媒密度 ρ_r によって線形近似できることから、既知の2つの相関特性の間を、 $a/b = (\rho_{r1} - \rho_{r5}) / (\rho_{r5} - \rho_{r2})$ として比例配分によってその推定を可能としているのである。

【0058】同様に、図9に示すように、冷媒密度 ρ_{r3} 、 ρ_{r4} 、 ρ_{r6} を用いて内挿し、線形補間により圧力 P_2 、測定温度Tsにおける相関特性を推定する。

(ここでは、 $c/e = (\rho_{r3} - \rho_{r6}) / (\rho_{r6} - \rho_{r4})$ として比例配分している。)最後に、図8、図9で得られた冷媒密度 ρ_{r5} 、 ρ_{r6} および当初に測定された冷媒密度 ρ_{rs} を用いて内挿し、図10に示すように圧力Ps、温度Tsにおける相関特性を推定する。(ここでは、 $f/g = (\rho_{r5} - \rho_{rs}) / (\rho_{rs} - \rho_{r6})$ として比例配分している。)以上の線形補間により得られた図10に示す相関特性が測定時における相関特性となるわけであり、この相関特性を用いて油分率決定装置500において測定された静電容量Csに対応

する油分率 χ_s が算出されることになる。

【0059】これにより、本実施形態のように、超臨界冷凍サイクルのように冷凍機内の冷媒が、温度、圧力に応じてその静電容量Cが大きく変化する超臨界状態や気相状態においても、冷媒の密度 ρ_r を用いることで油分率 χ との相関特性を決定できるので、予め膨大な既知データを準備しなくとも油分率 χ を容易に求めることができる。

【0060】具体的には、本発明では静電容量Cが冷媒密度 ρ_r によって線形近似可能であることを見出し、冷媒密度 ρ_r を用いて既知の相関特性から測定時に必要とされる相関特性を線形補間により精度よく決定できるので、膨大な既知データを必要とせずに容易に油分率 χ を求めることができる。

【0061】そして、この油分率測定装置100を用いて例えばサービス店等で定期的に油分率 χ をチェックすることにより、あるいは車両に搭載して定期的にユーザが油分率 χ をチェックすることにより、冷凍装置10内の圧縮機11の早期破損の未然防止が可能となる。

【0062】本実施形態では、冷媒密度 ρ_r は、温度センサ301および圧力センサ302によって検出された検出値によって算出されるようにしており、複雑な装置を必要とせずに容易に冷媒密度 ρ_r の検出ができ、油分率 χ を求めることができるようにしている。

【0063】また、通常の気相状態および液相状態を有する蒸気圧縮式冷凍サイクルにおいては、安定した液相状態の冷媒は過冷却機能を有する放熱器12の流出側のみに限定され、この部位で従来技術での油分率 χ の測定が可能では有るが、気相状態となる圧縮機11の吐出側、吸入側では測定不能であったため、圧縮機11に対する正確な油分率 χ の測定ができなかったものに対して、本発明ではこれを可能とすることができる。

【0064】尚、上記実施形態では、CO₂ を冷媒とし臨界圧力以上で作動する超臨界冷凍サイクルの冷凍装置10として説明したが、これに限定されるものではなく、フロン等を冷媒とする通常の冷凍装置に適用しても良い。

【0065】(第2実施形態) 本発明の第2実施形態を図11に示す。図11は測定時における静電容量Cと油分率 χ との相関特性を線形補間により算出する要領を示したものであり、この第2実施形態は、上記第1実施形態に対して、演算装置400における測定時の相関特性の算出方法を変更したものとしている。

【0066】基本構成は上記第1実施形態と同一であるが、冷媒密度 ρ_r を主体にして既知データを選択するようにしており、既知データの温度T、圧力Pに対する冷媒密度 ρ_r を予め算出しておくようにしている。

【0067】まず測定時の冷媒密度 ρ_{rs} を密度測定装置300により算出する。そして、既知データよりこの ρ_{rs} に近い条件の相関特性を2つ選択する。即ち、 ρ

$r2 \leq \rho_{rs} < \rho_{r1}$ となるように、冷媒密度 ρ_{r1} 、圧力 $P1$ 、温度 $T1$ における相関特性と、冷媒密度 ρ_{r2} 、圧力 $P2$ 、温度 $T2$ における相関特性の2つを選択する。

【0068】そして、図11に示すように、上記第1実施形態と同様の要領で冷媒密度 ρ_{r1} 、 ρ_{r2} 、 ρ_{rs} を用いて内挿し、線形補間により圧力 P_s 、測定温度 T_s における相関特性を推定し（ここでは、 $h/i = (\rho_{r1} - \rho_{rs}) / (\rho_{rs} - \rho_{r2})$ として比例配分している。）、静電容量 C_s に対する油分率 χ_s が算出されるようにしている。

【0069】これにより、上記第1実施形態では、既知データから4つの相関特性を選択し、3回の線形補間を行なって測定時の相関特性を求めるようにしていたが、ここでは冷媒密度 ρ_r を主体にして既知データから2つの相関関数を選択し、1回の線形補間で測定時の相関特性の算出が可能としており、更に容易に油分率 χ を求めることができる。

【0070】（第3実施形態）第3実施形態は、上記第1実施形態に対して静電容量 C を比誘電率 ϵ （潤滑油を含む冷媒の比誘電率）に置換えて油分率 χ を求めるようにしたものである。

【0071】基本構成は、上記第1実施形態と同一であるが、静電容量測定装置200において、測定された静電容量 C を数式5に基づいて比誘電率 ϵ に換算する演算機能を付加している。尚、静電容量測定装置200によって得られる測定時の比誘電率は、以下、 ϵ_s と表示することにする。

【0072】（数5）

潤滑油を含む冷媒の比誘電率 $\epsilon = (\text{測定した静電容量} C - \text{浮遊容量}) / (\text{真空中の静電容量} C_o - \text{浮遊容量})$ また、演算装置400に記憶される既知データとしての相関特性は、上記比誘電率 ϵ と油分率 χ との関係になるようにしたものである。

【0073】油分率 χ の測定にあたっては、静電容量 C_s を測定した後、この測定値を比誘電率 ϵ_s に換算し、以降は、上記第1実施形態と同様に測定時の相関特性（比誘電率 ϵ に対する油分率 χ の関係）を線形補間により算出し、比誘電率 ϵ_s に対する油分率 χ_s を求めるようにしている。

【0074】尚、比誘電率 ϵ と油分率 χ との相関特性において、線形補間が可能となる理由は、上記第1実施形態の数式2～数式4における説明より明白である。

【0075】これにより、静電容量 C を無次元化した物理量（ ϵ ）として扱えるので、静電容量測定装置200の仕様（コンデンサ部209）が変更された場合でも、相関特性にかかわる既知データを無駄にすること無く、常に活用できるようになる。

【0076】（第4実施形態）第4実施形態は、上記第1～第3実施形態に対して、既知データとしての相関特

性を必要とせずに、静電容量 C が、油分率 χ と密度測定装置300によって測定される冷媒密度 ρ_r および潤滑油密度 ρ_{oil} によって決定されるように予め演算式を設けて、相関特性を算出した後に、油分率 χ を求めるようにしたものである。

【0077】基本構成は、上記第1実施形態と同一であるが、密度測定装置300において、冷媒密度 ρ_r に加えて潤滑油密度 ρ_{oil} も同時に算出されるようにしており、また、演算装置400には、予め相関特性演算式が記憶されており、測定される静電容量 C および両密度 ρ_r 、 ρ_{oil} を用いて相関特性を求めるようにしている。この相関特性演算式の設定の考え方について、以下、図12を用いて説明する。

【0078】まず、静電容量測定装置200内のコンデンサ部209のモデルを仮定する。即ち、実際の冷媒と潤滑油は、図12(a)に示すように、共に混ざり有った状態でコンデンサ部209内を流通しているが、ここでは図12(b)に示すように、冷媒で満たされたコンデンサ部209aと潤滑油で満たされたコンデンサ部209bが直列に接続されているモデルに置換えられると仮定している。

【0079】このモデルをベースにして以下相関特性演算式を導出していく。コンデンサ部209全体の静電容量 C は、コンデンサ部209aの冷媒の静電容量 C_r とコンデンサ部209bの潤滑油の静電容量 C_{oil} によって数式6で表される。

【0080】（数6）

$$1/C = 1/C_r + 1/C_{oil}$$

真空中の静電容量 C_o は数式7で表され、冷媒の静電容量 C_r 、潤滑油の静電容量 C_{oil} はそれぞれ数式7を用いて数式8、数式9で表される。

【0081】（数7）

$$C_o = \epsilon_o \cdot S / d_o$$

ϵ_o ：真空中の誘電率 [F/m]

S ：コンデンサ部の面積 [m²]

d_o ：コンデンサ部間距離 [m]

（数8）

$$C_r = \epsilon_r \cdot \epsilon_o \cdot S / \{(1-d) d_o\} = \epsilon_r \cdot C_o / (1-d)$$

ϵ_r ：冷媒の比誘電率

d ：潤滑油の占める体積割合

（数9）

$$C_{oil} = \epsilon_{oil} \cdot \epsilon_o \cdot S / (d \cdot d_o) = \epsilon_{oil} \cdot C_o / d$$

ϵ_{oil} ：潤滑油の比誘電率

そして、数式8、数式9を数式6に代入することで数式10が得られる。

【0082】（数10）

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_{oil} \cdot C_o / \{\epsilon_r \cdot d + \epsilon_{oil} (1-d)\}$$

尚、潤滑油の占める体積割合 d は、油分率 x と冷媒密度 ρ_r と潤滑油密度 ρ_{oil} で決まるパラメータとして数式11のように表すことができる。

【0083】(数11)

$$d = x / \{x + (100 - x) \cdot \rho_{oil} / \rho_r\}$$

上記数式10において、冷媒の比誘電率 ϵ_r は、上記第1実施形態において説明した数式2、数式3のクラジウスモソッティの式より冷媒密度 ρ_r を用いて算出することができ、また、潤滑油の比誘電率 ϵ_{oil} は、液相状態であるために温度 T のみの関数として数式12より算出することができる。

【0084】(数12)

$$\epsilon_{oil} = 5.60 - 0.01 \cdot T$$

よって、数式10、数式11より冷媒密度 ρ_r 、潤滑油密度 ρ_{oil} を用いて、静電容量 C と油分率 x との相関を決定することができることとなり、この数式10、数式11を相関特性演算式として演算装置400に予め記憶させるようにしている。また、演算時に必要となる数式2、数式3、数式7、数式12も合わせて、演算装置400に予め記憶させるようにしている。

【0085】以下、上記相関特性演算式を用いた油分率 x の測定方法について説明する。

【0086】まず、静電容量測定装置200によって静電容量 C_s を求め、密度測定装置300によって測定圧力 P_s 、測定温度 T_s における冷媒密度 ρ_{rs} 、潤滑油密度 ρ_{oils} を求める。

【0087】次に、演算装置400において、上記冷媒密度 ρ_{rs} 、潤滑油密度 ρ_{oils} を用いて、数式11より任意の油分率 x における潤滑油の占める体積割合 d を演算する。そして、数式2、数式3、数式12より冷媒の比誘電率 ϵ_r 、潤滑油の比誘電率 ϵ_{oil} を演算し、数式7より真空中の静電容量 C_o を演算する。

【0088】次に、上記潤滑油の占める体積割合 d 、比誘電率 ϵ_r 、潤滑油の比誘電率 ϵ_{oil} 、真空中の静電容量 C_o を数式10に代入し、任意の油分率 x における静電容量 C を演算する。以下、油分率 x を任意に変化させて上記の演算を繰返すことで、静電容量 C と油分率 x との相関特性が得られる。

【0089】そして、当初測定された静電容量 C_s に対応する油分率 x を求めることで、測定すべき油分率 x_s として決定される。

【0090】これにより、相関特性の既知データを持たなくとも、容易に検出される冷媒密度 ρ_r 、潤滑油密度 ρ_{oil} から静電容量 C と油分率 x との相関特性の演算ができ、油分率 x を求めることができる。

【0091】(第5実施形態)本発明の第5実施形態を図13、図14に示す。第5実施形態は油分率測定装置100の配設位置を上記第1実施形態に対して変更したものである。

【0092】基本の構成は上記第1実施形態と同一であ

るが、図13に示すものは、冷凍装置10において油分率測定装置100を圧縮機11の吐出側近傍となるように、圧縮機11と放熱器12との間に配設して油分率 x を測定するようにしており、また、図14に示すものは、圧縮機11の吸入側近傍となるように、圧縮機11とアキュムレータ18との間に配設して油分率 x を測定するようにしている。

【0093】これにより、圧縮機11自身の近傍での油分率 x を把握できることになるので、圧縮機11の耐久寿命に対する良否の判断が正確に且つ早期にできるようになる。

【0094】また、油分率測定装置100を圧縮機11の吸入側近傍に配設して油分率 x を測定する場合は、静電容量測定装置200の電極207、208の表面に排水処理を施すと良い。

【0095】これにより、冷媒が低温、低圧となる吸入側においては、潤滑油の粘度が高くなることによって静電容量測定装置200の内部、特に電極207、208に付着しやすくなるのを防止できるので、油分率 x を正確に求めることができ、且つ、潤滑油を圧縮機11に確実に循環させることができる。

【0096】(第6実施形態)本発明の第6実施形態を図15に示す。第6実施形態は、油分率測定装置100自信を冷凍装置10内に組込み、得られる油分率 x の値を基にして、アキュムレータ18から圧縮機11に供給される潤滑油量が適正に制御される冷凍装置10としたものである。

【0097】基本構成は、上記第1実施形態に対して、アキュムレータ18から圧縮機11に潤滑油が供給される潤滑油戻り流路19と、この潤滑油戻り流路19をバイパスすると共に、自身を流通する潤滑油量を調節する電磁弁20を有するバイパス流路22を設けている。ここでは、電磁弁20を開いた時には、バイパス流路22を流通する潤滑油の流量が潤滑油戻り流路19を流通する潤滑油の流量よりも大きくなるように、流路面積を大きくすることで対応するようにしている。

【0098】そして、油分率測定装置100の演算装置400には、上記電磁弁20を開くための判定値となる所定の油分率 x_{low} の値が予め記憶されるようにしており、油分率決定装置500によって随時測定される油分量 x_s と比較演算するようにしている。

【0099】そして、図16のタイムチャートに示すように、油分量 x_s が所定の油分量 x_{low} を下回った時に電磁弁20を開き、油分量 x_s が所定の油分量 x_{low} を上回った時には電磁弁20を閉じるようにしている。

【0100】これにより、必要とされる潤滑油(油分率 x_{min} 値)を確実に圧縮機11に供給させることができ、圧縮機11の耐久性を向上させることができる。

【0101】尚、この油分率測定装置100を組込んだ

15

冷凍装置10においては、静電容量測定装置200の電極207、208は、図17に示すように、針状のものとして、絶縁体210a、211a、212aを介して配管21内に設けるようにしても良い。

【0102】これにより、静電容量測定装置200自身の容器となるボディ201、202を廃止でき、省スペース化ができ、また安価にできる。そして、電極207、208を針状としているので形状の融通性が高く、配管21が例えば曲がっているような部位においても設置が可能となり、搭載性に優れたものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態における全体構成を示す模式図である。

【図2】図1における静電容量測定装置を示す断面図である。

【図3】静電容量Cと油分率 α との相関特性図である。

【図4】圧力および温度により変化する冷媒の比誘電率を示すグラフである。

【図5】既知データのイメージを示す略図である。

【図6】静電容量が冷媒密度によって線形近似されることを示すグラフである。

【図7】線形補間を行なうために選択する圧力と温度の座標を示すグラフである。

【図8】圧力P1における、温度T1、T2間での線形補間を示すグラフである。

【図9】圧力P2における、温度T3、T4間での線形補間を示すグラフである。

【図10】温度Tsにおける、圧力P1、P2間での線形補間を示すグラフである。

【図11】本発明の第2実施形態における冷媒密度 ρ_r

16

1、 ρ_r 2間での線形補間を示すグラフである。

【図12】本発明の第4実施形態におけるコンデンサ部を示す(a)は冷媒と潤滑油が混ざり合った状態、

(b)は冷媒と潤滑油が直列状態にあると仮定した場合のモデル図である。

【図13】本発明の第5実施形態におけるバリエーション1の全体構成を示す模式図である。

【図14】本発明の第5実施形態におけるバリエーション2の全体構成を示す模式図である。

【図15】本発明の第6実施形態における全体構成を示す模式図である。

【図16】油分率の変化に対する電磁弁の開閉状態を示すタイムチャートである。

【図17】本発明の第6実施形態におけるバリエーション3の電極を示す(a)は断面図、(b)は(a)のA-Aにおける断面図である。

【符号の説明】

10 冷凍装置

11 圧縮機

18 アクムレータ

19 潤滑油戻し流路

21 配管

100 油分率測定装置

200 静電容量測定装置(静電容量測定手段)

207 電極

208 電極

300 密度測定装置(密度測定手段)

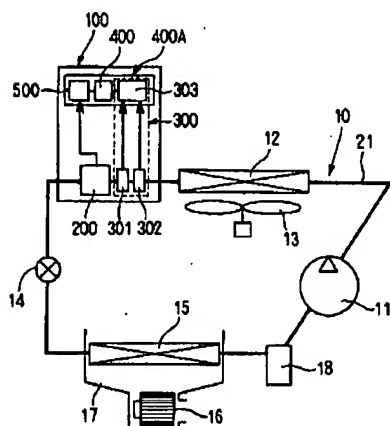
301 温度センサ(温度検出手段)

302 圧力センサ(圧力検出手段)

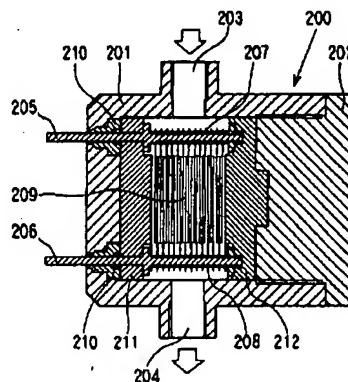
30 400 演算装置(演算手段)

500 油分率測定装置(油分率測定手段)

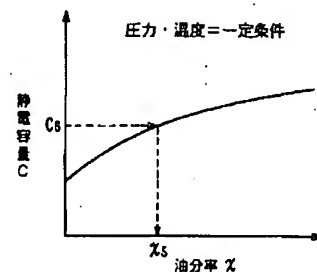
【図1】



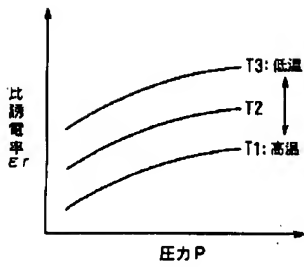
【図2】



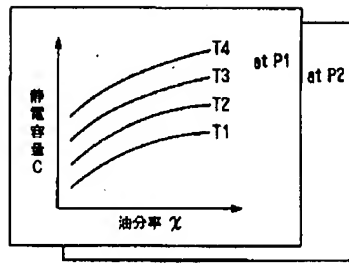
【図3】



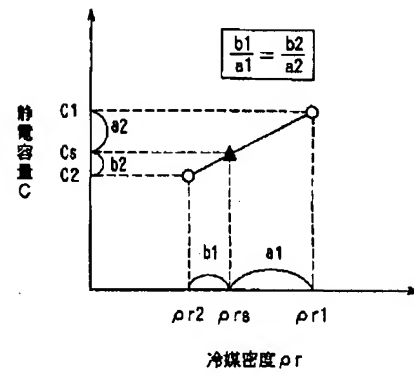
【図4】



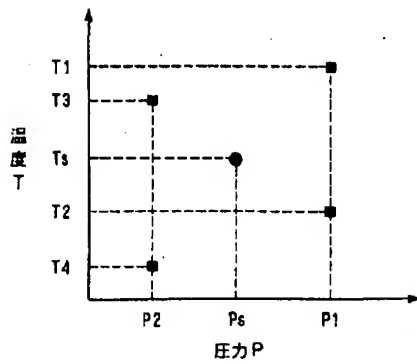
【図5】



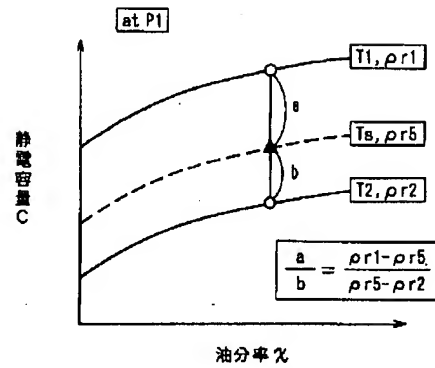
【図6】



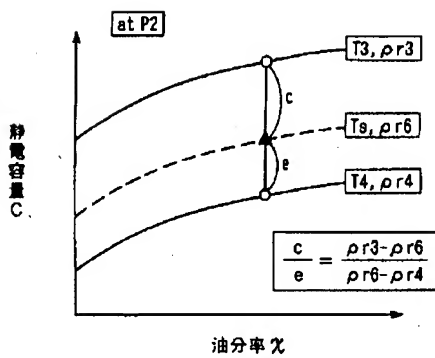
【図7】



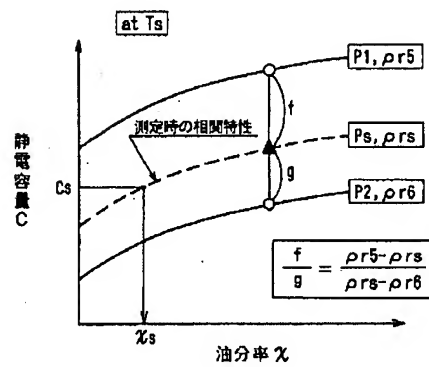
【図8】



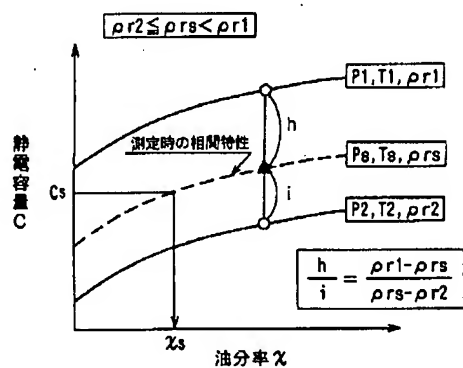
【図9】



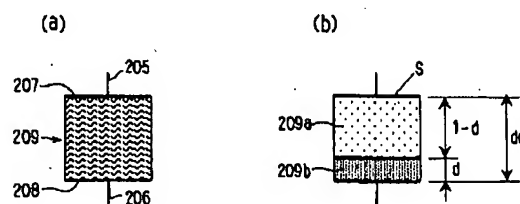
【図10】



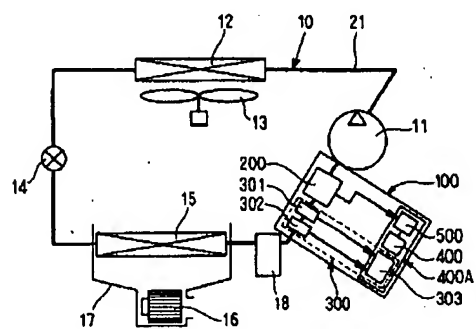
【図 1 1】



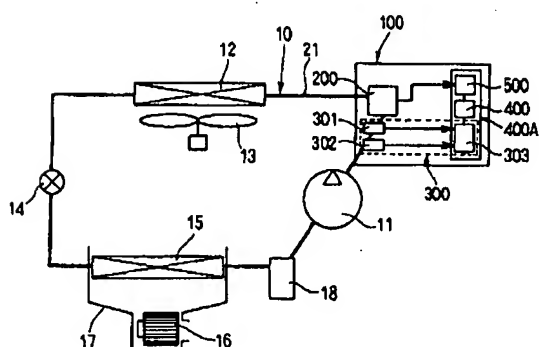
【图 12】



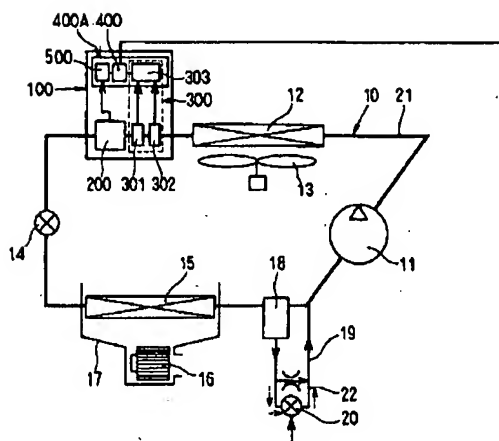
【図14】



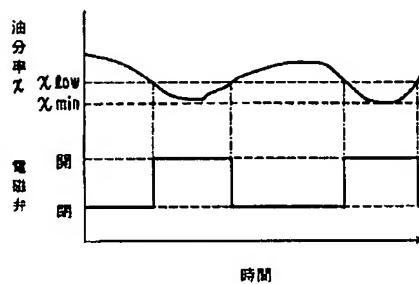
【図13】



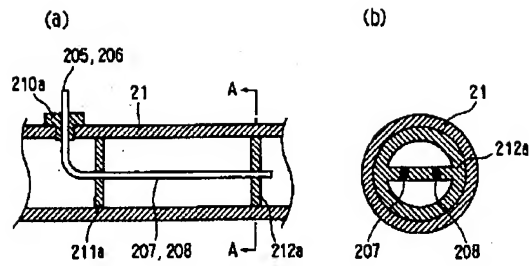
【図15】



【图 16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 尾崎 幸克
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 平田 敏夫
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
Fターム(参考) 2G060 AA06 AC04 AE17 AF11 AG11
FA01 FA15 FB02 HC10 KA06

AT-NO: JP02003021611A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003021611 A
TITLE: OIL CONTENT RATIO MEASURING DEVICE AND FREEZER
USING IT
PUBN-DATE: January 24, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HOTTA, TADASHI	N/A
OZAKI, YUKIKATSU	N/A
HIRATA, TOSHIO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON SOKEN INC	N/A
DENSO CORP	N/A

APPL-NO: JP2001206891

APPL-DATE: July 6, 2001

INT-CL (IPC): G01N027/22, F25B001/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an oil content ratio measuring device and a freezer using it capable of easily measuring an oil content ratio even when a refrigerant is in a supercritical state or a gaseous phase state.

SOLUTION: The oil content ratio measuring device 100 is provided with a capacitance measuring means 200 of measuring capacitance C of the refrigerant containing refrigerating machine oil, a density measuring means 300 of measuring density ρ ; of at least one of the refrigerant or the refrigerating machine oil, a calculating means 400 of calculating a correlation characteristic of the capacitance C and the oil content ratio χ ; representing a rate of a refrigerating machine oil amount to an

amount of the
refrigerant including the refrigerating machine oil by using the
density ρ ;
measured by the density measuring means 300, and the oil content
ratio
determining means 500 of determining the oil content ratio χ ;s at
that point
of time from the capacitance C measured by the capacitance measuring
means 200
by using the correlation characteristic acquired by the calculating
means 400.

COPYRIGHT: (C) 2003, JPO